



浅谈铝土矿生物选矿

周国华¹, 薛玉兰¹, 蒋玉仁¹, 何伯泉²

(¹中南工业大学矿物工程系, 湖南 长沙 410012)

(²中国有色工业局, 北京 100084)

摘要: 阐述国外铝土矿生物法选矿的研究进展及趋势。

关键词: 铝土矿; 生物技术; 选矿

中图分类号: TD925.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-6532(2000)06-0038-04

铝土矿按其用途可分为冶金级(生产氧化铝)、耐火材料级、磨料级、化工产品级等四类。随着优质铝土矿资源日趋匮乏, 铝土矿选矿已受到广泛重视。长期以来, 铝土矿选矿除杂(脱硅、脱钛铁)主要采用物理法及化学法。例如, 重选、磁选、浮选、氯气氯化、盐酸浸出等。由于铝土矿中矿物结晶细散, 与脉石互相嵌布, 解离度差, 用物理方法除杂效果不理想。化学方法除杂虽然效果较为满意, 但由于成本高且对环境有污染, 因而应用不普遍。由于上述物理法及化学法除杂的缺陷, 国外铝土矿生物选矿的研究开展较为活跃。

1 铝土矿生物选矿的基本原理

生物法选矿是生物学、化学及其他工程学科在矿物加工领域中的综合应用。受美国 50 年代成功地用生物浸出铜矿中铜以及 60 年代加拿大成功地浸出矿石中的铀的影响, 世界各国科学家一直以极大热情致力于开展低品位、细分散、难处理矿石的生物选矿研究。

铝土矿生物选矿是利用某些微生物或其

代谢产物与铝土矿相互作用, 产生氧化、还原、溶解、吸附等反应从而脱除矿石中不需要的组分或回收其中的有价金属的技术。到目前为止, 铝土矿生物选矿研究主要集中在脱除铝土矿石中的硅酸盐, 提高铝硅比以用做拜耳法生产氧化铝的原料以及脱除铝土矿中的铁, 用做陶瓷和耐火材料的原料。

铝土矿生物选矿中所用的微生物一般是异养菌(主要是细菌及真菌)。这些微生物对铝土矿的选矿作用与微生物产生的具有螯合作用的有机酸或其胞外产物有关。一般认为, 在铝土矿生物选矿作用过程中, 存在微生物的直接粘附作用和微生物的代谢物浸出的非直接作用两部分。前者是微生物粘附到矿石表面上直接侵蚀有关组分; 后者是利用微生物的代谢产物有机酸与有关组分相互作用。例如“硅酸盐”异养细菌对硅酸盐及铝硅酸盐的脱硅作用是由细菌产生的、处于细胞外围的外多糖类物质与硅结合成络合物的直接粘附作用脱硅, 以及细菌的代谢物有机酸酸解硅酸盐或铝硅酸盐的非直接作用两部分组成的。同样, 多粘杆菌脱除铝土矿中的铁的过程

中也存在直接作用和非直接作用两部分。多粘杆菌在有氧的情况下能产生包括铁、钙在内的多种金属离子的优良整合剂的多糖质。这些处于细胞外围的多糖质有利于细菌粘附到矿石表面上及随后从矿石中溶解铁。多粘杆菌的代谢物是柠檬酸、草酸等二元有机酸,他们也能与矿石中的铁形成络合物而使铁从矿石中溶解出来。

2 铝土矿生物法选矿的研究进展

2.1 铝土矿生物法选矿除铁、钙

印度的 Phalgum Anand^[1]用多粘杆菌进行铝土矿脱除钙、铁的研究。结果表明:在 30℃,一周内,上述微生物能把处于含有 2%蔗糖的布罗费德介质(Bromfield medium)中的铝土矿的钙脱除达 100%。而在相同条件下,铁的脱除率最高为 50%。

K. A. Natarajan^[2]用黑曲霉的代谢物浸除铝土矿中的钙、铁。在 30℃,4h 的条件下,脱钙率为 89%,脱铁率 19.1%。但在 95℃,8h 的条件下,脱钙率提高到 90%,脱铁率提高到 50%。

印度^[3]用黑曲霉的变株可脱去铝土矿中 59.5%的铁,56.2%的硅酸盐;而黑曲霉母系株仅脱除 10.1%的铁,9.8%的硅酸盐。

据报道^[4],俄罗斯研究利用微生物分解铝针铁矿和继之用拜耳法处理以提高氧化铝回收率的可能性。试验用的矿石是赤铁矿-针铁矿-三水铝石型铝土矿。试验中使用了各种类型的霉菌、酵母和细菌,结果表明,各种微生物都能分解铝针铁矿,但最有效的是黑曲霉菌和出芽短杆霉菌 BKMF-1116。对铝土矿原矿和经微生物处理的铝土矿进行压煮溶出的溶出试验表明,由于铝针铁矿的分解,Al₂O₃ 的回收率可提高 3.6%。

俄罗斯的 Andreev, P. I.^[5]用粘液杆菌处理铝土矿 14d,接着用 20%的盐酸浸除铁。矿石中的三氧化铁含量可从大于 7%减少到 1.2%。

万方数据

保加利亚的 Genchev, F.^[6]用微生物浸

除铝土矿中的铁、硅酸盐。浸出 7~15d,铁的最大脱除率为 80%,硅酸盐的脱除率为 97%。他指出,该方法可能会取代通常的化学方法除杂。

G. Roychaudhury^[7]研究微生物黑曲霉在蔗糖介质中浸除铝土矿中铁的动态过程。浸出条件:60℃,3h,pH0.75,粒度 107.5μm,矿浆浓度 5%。浸出率方程为 $R = (T)^{1.25} (H)^{0.4} (P)^{0.27}$, R 为铁的溶解率;T 为浸出温度;P 为矿浆浓度;H 为浸出液初始 pH 值。铁溶解活化能为 9.67kJ/mole。在最佳浸出条件下,可脱除大于 50%的铁。

以上实验结果表明,生物法选矿除铁效果已接近磁选、浮选法脱铁的效果。实验室繁殖的突变菌种比野生菌种脱铁效果好得多。生物反应温度提高可加快生物脱铁效果。该法无环境污染。生物法脱铁的不足之处是生物反应时间较长,矿浆浓度过低不利于大批量处理。

2.2 生物法选矿脱除硅酸盐

保加利亚的 Grudev, S.^[8]用环状芽胞杆菌和粘液芽胞杆菌于 35~37℃,pH5.6~6.5,搅拌速度 180~240r/min 的条件下浸取铝土矿 7d。矿中的铝硅比(A/S)可由 1.7 增加到 5.4。

保加利亚曾报道^[9]用环状芽胞杆菌处理石英-高岭土-三水软铝石型铝土矿。实验条件:30~35℃,pH5.5~5.6,矿浆浓度 10%~15%,搅拌速度 300~400r/min。经微生物处理后,铝土矿中的 Al₂O₃ 含量由 43.49%提高到 63.9%,SiO₂ 由 52.9%减少到 9.0%。结果表明,生物法选矿比浮选法更有效。

俄罗斯的 Andreev, P. I.^[10]用粘液芽胞杆菌处理高岭石-三水软铝石型铝土矿,该法可分解其中 70.7%的高岭石。此外,他发现,高浓度的阳离子可抑制硅酸盐的脱去。

保加利亚的 Grudev, S.^[11]用实验室驯化的环状芽胞杆菌处理石英-高岭石-三水软铝石型铝土矿。该菌种可选择性地分解矿中的 Al₂O₃ · 2SiO₂ · 2H₂O,精矿中的 Al₂O₃ 的

回收率可高达 93.3%。

前苏联的 Andreev, P. L. [12] 用异养粘液芽胞杆菌处理含三水软铝石(37.4%)—一水软铝石(12%)—高岭土(16%)—石英(20.06%)型铝土矿。获得的铝土矿精矿组成为:三水软铝石(53%)—一水软铝石(17%)—高岭石(11.6%)—石英(12%),此精矿可用于拜耳法生产 Al_2O_3 。

Groudeva, V. I. [13] 利用野生及实验室繁殖的环状芽胞杆菌的粘液芽胞杆菌的突变菌种从 5 种不同的三水铝石型铝土矿中脱除硅。在 5d 内可从不同的矿石中浸出 12.5%~73.6% 的硅,经微生物处理后的铝土矿具有较高的铝硅比(A/S)值,最好的结果是铝硅比从 3.8 提高到 12.0。实验结果表明,实验室繁殖的突变菌种比野生菌种脱硅效果好。

生物法脱硅有明显优点:脱硅效果好,有些实验结果显示该法优于浮选法。在室温、接近于中性的温和条件下即可生物脱硅。其不足之处是生物反应时间长,矿浆浓度过低,不利于大批量快速处理原料。

综上所述,生物选矿在用于高硅型、高铁型铝土矿选矿方面显示了其特有的优点:(1)生物反应一般在室温即可完成,不需高温、高压;(2)生物除杂选择性好,氧化铝损失少;(3)设备简单,费用低;(4)无环境污染问题。由此可见,铝土矿生物选矿是实用性很强、技术新颖的生物工程技术。虽然国外大量的技术还处于理论研究阶段,但已显示出巨大的潜力。随着该技术的不断改进和完善,必将在工业上获得推广应用。

3 结 语

铝土矿生物选矿研究在俄罗斯、印度、保加利亚开展较为活跃。这几个国家主要是研究三水铝石型、一水软铝石型铝土矿生物选矿。而一水硬铝石型铝土矿的生物选矿研究

很少有报道。国内在铝土矿生物选矿方面的研究远落后于上述国家,目前尚未有这方面的研究报道。鉴于生物法选矿被认为是最具有前途的选矿方法之一,而我国的铝土矿主要是一水硬铝石—高岭石—石英型,其铝硅比偏低。笔者认为在国内开展铝土矿生物法选矿是非常有必要的。为此,应着重解决以下几个问题。

1. 在今后的研究中,筛选出生长速度快、脱硅、脱铁效果好的优良菌种是必须进行的基础研究。例如可在遗传工程方面开展工作,利用基因重组等手段培育出高效的、适用于铝土矿选矿的工程菌。

2. 加强生物反应器研究工作,以弥补生物法选矿花费时间长的缺点。

3. 铝土矿生物法选矿技术是跨专业的一项生物高技术。需要打破行业限制,进行协作攻关。同时,也需要各级主管部门的大力支持,促进我国铝土矿生物选矿技术的研究及实际应用。

〔参 考 文 献〕

- 1 Phalgiuni Anand, Biobeneficiation of bauxite using *Bacillus Polymyxa*; Calcium and iron removal, Int. J. Miner. Process 1996, 48(1), 51~60
- 2 Natayauan K. A., Some microbiological aspects of bauxite mineralization and beneficiation, Minerals and Metallurgical Processing 1997, 14(2), 47~53
- 3 Bandyopadhyay, Optimization of physical factors for bioleaching of silica and iron bauxite ore by a mutant strain of *Aspergillus Niger*, Res. Ind., 1995, 40(1), 14~17
- 4 赵雅如译. 利用微生物提高含铝针铁矿的铝土矿中铝的回收率[J]. 轻金属, 1991(4): 6~9
- 5 Andreev, P. I., Removal of iron from bauxite from the industry, Obogashch. Shlamov 1983 (1): 111~116
- 6 Genchev, F., Aluminosilicates activation by their biochemical destruction, Trav. Com. Int. Etude

- Bauxites, Alumine Alum 1982, (17):195~201
- 7 Roychaudhury, G. , Biological removal of iron from china clay, Erzmetall 1990, 48(5):210~212
- 8 Grudev, S. , Biohydrometall. , Proc. Int. Symp. , 1987, 397~406
- 9 Groudeva, V. , Eur. Congr. Biotechnol, 3rd 1984, (2):211~16
- 10 Andreev, P. I. Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. , Metall 1982, (2):35
- 11 Grudev, S. , Bioleaching of bauxites by wild and laboratoy-bred microbial Strains, Int. Congr. Study bauxites, Alumine Alum [prepr.], 4th 1978, 1, 271~8
- 12 Andreev, P. L. , Biochemical silicon remval from bauxite-like rock, Obogashch. Rud (Leningrad) 1977, 22(2):11~12
- 13 Groudeva, V. I. , 《Proceed. of the XVI IMPC》 1988, 271~279

Research Advances in the Biobeneficiation of Bauxites

ZHOU Guo-Hua¹, XUE Yu-lan¹, JIANG Yu-ren¹, HE Bo-quan²

(¹ Central South University of Technology, Changsha, Hunan, China)

(² China Nonferrous Industry Bureau, Beijing, China)

Abstract: The recent research advances and current trends in the bio-beneficiation of bauxite were briefly outlined in this paper. Some suggestions for promoting research work in this field were proposed.

Key words: Bauxite; Biotechnology; Beneficiation

收稿日期:1999-11-29

作者简介:霍冀川, (1962—), 男, 西南工学院副教授, 硕士研究生, 主要从事无机非金属材料的研究